

KONINKRIJK DER



NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 24 april 2003 onder nummer 1023260,
ten name van:

FEI COMPANY

te Hillsboro "Verenigde Staten van Amerika"

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Deeltjes-optisch apparaat met een permanent magnetische lens en een elektrostatische lens",
en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 26 februari 2004

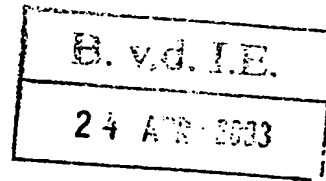
De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'D' followed by a long horizontal line.

Mw. D.L.M. Brouwer

10 23260

FNL0303 NL



9

22-4-2003

Uittreksel

Deeltjes-optisch apparaat met een permanent magnetische lens en een elektrostatische lens.

5

Deeltjes-optische apparaten zijn normaal uitgevoerd met een magnetische of elektrostatische lens om een bundel geladen deeltjes 1 op een preparaat 8 te focuseren. Het is gewenst deze apparaten bij verschillende bundelenergieën te kunnen gebruiken. Het is daarbij ongewenst dat de focuspositie 9 ten opzichte van het preparaat 8 daardoor
10 veranderd wordt. Het gebruik van permanent magnetisch materiaal 6 in een magneetlens heeft voordelen voor compacte uitvoering, maar wordt normaal vermeden omdat het niet eenvoudig mogelijk is de lenssterkte aan te passen aan veranderende bundelenergieën.

De uitvinding geeft aan hoe het mogelijk is de positie van de focuspositie 9
15 onafhankelijk van de energie van de deeltjes in de bundel 1 constant te houden door een met permanent magnetisch materiaal 6 uitgeruste magnetische lens te combineren met een elektrostatische lens. De elektrostatische lens is daarbij uitgevoerd als een versnellende lens.

20 (Figuur 2)

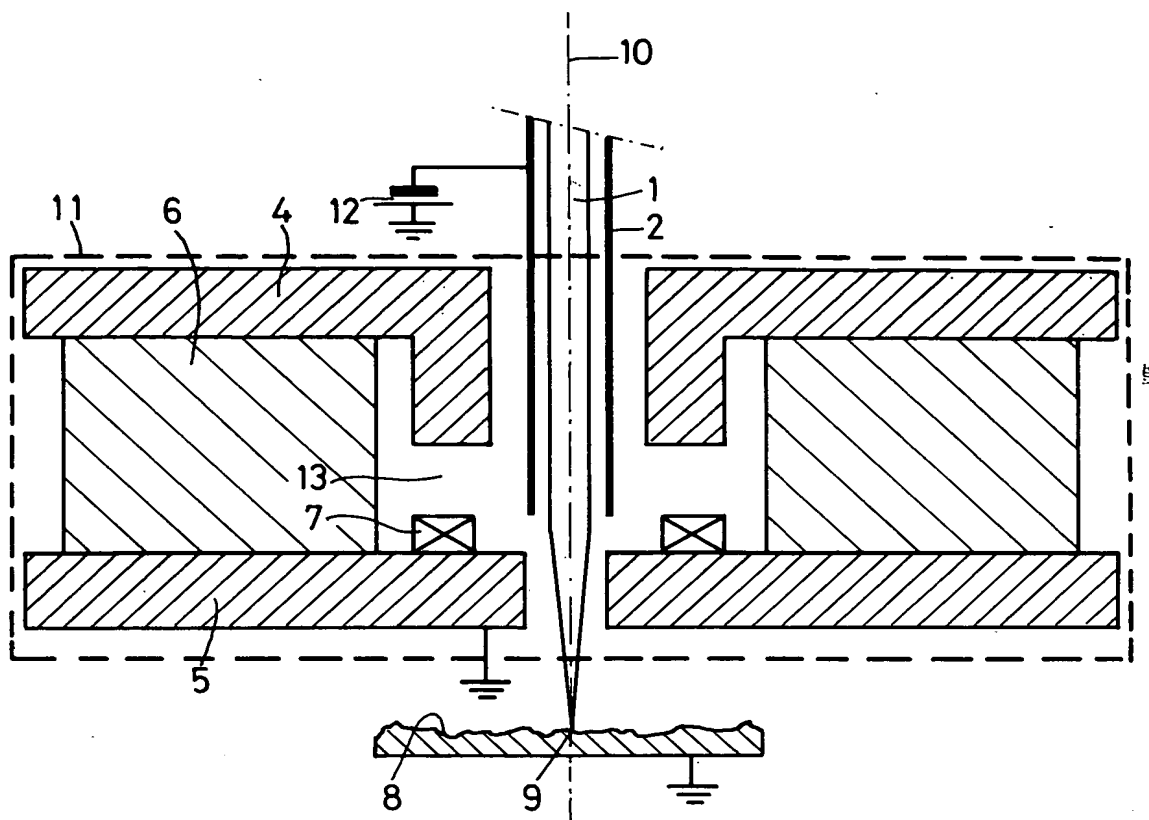


FIG. 2

10 23260

FNL0303 NL

B. v.d. I.E.

24 APR 2003

1

22-4-2003

Deeltjes-optisch apparaat met een permanent magnetische lens en een elektrostatische lens.

5

De uitvinding betreft een deeltjes-optisch apparaat voorzien van een focusseerinrichting met een optische as voor het focuseren van een bundel van elektrisch geladen deeltjes op een focuspositie, welke focusseerinrichting omvat:

- 10
- een magnetische lens voor het voortbrengen van een focusserend magnetisch veld met behulp van magnetische poolschoenen;
 - een elektrostatische lens voor het voortbrengen van een focusserend elektrisch veld, waarin de bundel een energieverandering ondergaat;

15 waarbij het focusserend elektrisch veld geplaatst is stroomopwaarts ten opzichte van een gebied gelegen tussen het focusserend magnetische veld en de focuspositie.

Een zodanig apparaat is bekend uit US-octrooischrift No. 4,785,176.

Dergelijke apparaten staan onder andere bekend onder de naam Scanning Electron Microscope (SEM), Transmission Electron Microscope (TEM) en DualBeam
20 Microscope (waarin zowel een ionen- als een elektronenbundel wordt gebruikt). Apparaten zoals hierboven beschreven worden tegenwoordig gebruikt in onder meer de gebieden van ontwikkeling, inspectie en productie van bijvoorbeeld de halfgeleider-industrie. Hierbij worden in verschillende stadia zowel productiemiddelen zoals lithografische maskers evenals de producten en halfproducten zoals wafers
25 geïnspecteerd, gerepareerd of gefabriceerd met een elektronen- en/of ionenbundel. Bij het bestralen van een preparaat met geladen deeltjes kan op diverse wijzen informatie verkregen worden, zoals met behulp van in het preparaat geëxciteerde secundaire deeltjes en straling. Door deze informatie met behulp van detectoren te verzamelen en te verwerken wordt inzicht verkregen in bepaalde fysische eigenschappen van het
30 preparaat.

Ø II

Om ongewenste elektrische oplading en/of beschadiging van het te inspecteren preparaat te voorkomen zal er, afhankelijk van de aard van het preparaat, een bepaalde landingsenergie van de deeltjes in de bestralende bundel nodig zijn. Voor inspectie met elektronen ligt de gewenste landingsenergie typisch tussen de 0.5 en 5 keV.

- 5 Omdat de samenstelling van het preparaat van plaats tot plaats anders kan zijn kan het gewenst zijn de landingsenergie aan te passen aan deze variërende samenstelling. Het is daarbij gewenst dat de focuspositie van de bundel zich niet verplaatst ten opzichte van de focusseerinrichting. Dit is in het bijzonder van belang in een productieomgeving zoals bij de inspectie van wafers waar aanpassing van de focussering de
- 10 doorvoersnelheid van de producten nadelig zou beïnvloeden.

- De magnetische lens in zulke apparaten is meestal uitgevoerd met een spoel die met behulp van magnetische poolschoenen het focusserend magnetische veld opwekt. De voor het opwekken van het magnetische veld benodigde stroom zal in de spoel warmte-dissipatie veroorzaken. De fysische afmeting van de magnetische lens wordt
- 15 grotendeels bepaald door de spoelgrootte en de ruimte benodigd voor eventuele koelmiddelen. Deze koelmiddelen, zoals een koelwaterspiraal, kunnen nodig zijn om ongewenste gevolgen van de dissipatie, bijvoorbeeld mechanische veranderingen ten gevolge van de temperatuurveranderingen van de poolschoenen, te beperken.

- In het gebied van deeltjes-optische apparaten bestaat de wens tot miniaturisering
- 20 van focusseerinrichtingen als hier beschreven teneinde bijvoorbeeld ruimte te bieden aan detectoren of met behulp van meerdere bundels geladen deeltjes met bijbehorende focusseerinrichtingen gelijktijdig informatie van meerdere plaatsen van één of meer preparaten te vergaren.

- In het genoemde US octrooischrift wordt een focusseerinrichting beschreven
- 25 bestaande uit een magnetische lens voor het voortbrengen van een focusserend magnetisch veld met behulp van een spoel en magnetische poolschoenen, en een elektrostatische lens voor het voortbrengen van een focusserend elektrisch veld, welk elektrisch veld de energie van de bundel verandert. Deze bekende focusseerinrichting beoogt door gebruik te maken van een elektrostatisch veld dat geheel of gedeeltelijk

samenvalt met het magneetveld te bereiken dat de onvermijdelijke lensaberraties kleiner zijn dan de lensaberraties die bereikt kunnen worden met alleen een magnetische lens.

Met betrekking tot de verandering van de energie van de bundel beschrijft het genoemde US-octrooischrift uitsluitend dat in het elektrostatische veld de energie van

5 de bundel wordt verlaagd.

De uitvinding beoogt een apparaat van de in de aanhef vermelde soort te verschaffen waarin de focuspositie onafhankelijk van de landingsenergie een vaste plaats ten opzichte van de focusseerinrichting heeft en waarin de focusseerinrichting
10 geschikt is voor miniaturisatie.

Daartoe is het apparaat overeenkomstig de uitvinding daardoor gekenmerkt dat de magnetische lens voorzien is van permanent magnetisch materiaal voor het opwekken van het voor de lenswerking benodigde focuserend magnetische veld, en de genoemde energieverandering de vorm heeft van een energietoename.

15 Het gebruik van permanent magnetische materialen leidt bij een gegeven magnetische lens tot een constant magneetveld tussen de poolschoenen, met als gevolg dat verschillende energieën van de bundel in de magnetische lens resulteren in verschillende brandpuntsafstanden van deze lens.

De uitvinding is gebaseerd op het inventieve inzicht dat, indien de
20 energieverandering van de bundel een energieverhoging is voordat of terwijl de bundel het magnetische veld van de magnetische lens passeert, het voor de vakman gemakkelijk mogelijk is de magnetische en elektrostatische lens zo te construeren dat de veranderingen van magnetische en elektrostatische lenssterkte elkaar compenseren. Hierbij is het essentieel dat de energieverandering een toename van de energie is,
25 aangezien bij een afname van de energie van de bundel zowel de magnetische als de elektrostatische lens beiden sterker worden zodat in dit laatste geval geen compensatie bereikt kan worden.

Er zij opgemerkt dat het beschrevene in het genoemde US-octrooischrift deze mogelijkheid niet biedt, aangezien daar slechts een verlaging van de energie van de bundel wordt gebruikt om daarmee andere, aldaar genoemde doelen te bereiken.

In een voorkeursuitvoering van het apparaat volgens de uitvinding is rond de optische as een gebied aanwezig waarbij zowel een magnetisch als een elektrisch veld aanwezig zijn. De genoemde maatregel houdt in dat er een gebied is waar het elektrische veld en het magnetische veld overlappen. Door dit overlappen van het elektrische veld en het magnetische veld is er een, door de wens naar miniaturisatie ingegeven, compacte bouwwijze mogelijk.

In een andere uitvoering van het apparaat volgens de uitvinding is de aan de preparatzijde gelegen poolschoen van de magnetische lens van elektrisch geleidend materiaal gemaakt en fungeert deze tevens als elektrode van de elektrostatische lens. Door deze integratie van onderdelen is er een, door de wens naar miniaturisatie ingegeven, compacte bouwwijze mogelijk, terwijl tevens de noodzaak van centrering van de elektrostatische elektrode ten opzichte van de magnetische poolschoen vervalt.

In weer een andere uitvoering van het apparaat volgens de uitvinding is het apparaat voorzien van instelmiddelen voor het instelbaar maken van de tijdens het maken van een afbeelding door het apparaat constant te houden focuspositie. Deze maatregel maakt het mogelijk de focuspositie aan te passen aan oneffenheden van het preparaat bij overigens gelijkblijvende macroscopische preparaatpositie.

De uitvinding wordt beschreven aan de hand van de figuren, waarbij gelijke verwijzingscijfers overeenkomstige elementen aanduiden.

Daarbij toont:

Figuur 1a een schematische weergave van een focusseerinrichting voor gebruik in een deeltjes-optisch apparaat volgens de uitvinding.

Figuur 1b een grafische weergave van de verdeling van de axiale elektrische en magnetische veldsterkte en de energie van de bundel zoals deze optreden in het deeltjes-optisch apparaat zoals weergegeven in figuur 1a.

Figuur 2 een schematische weergave van een focusseerinrichting voor gebruik in een deeltjes-optisch apparaat volgens de uitvinding.

Figuur 1a toont een deel van een deeltjes-optisch apparaat zoals een Scanning Electron Microscope (SEM) volgens de uitvinding waarbij een bundel 1 van elektrisch geladen deeltjes zoals een bundel elektronen zich langs een optische as 10 van het apparaat beweegt. Deze bundel 1 wordt door een focusseerinrichting 11 gefocuseerd op een focuspositie 9. De focuspositie 9 is beoogd gelegen te zijn op een preparaat 8. De focusseerinrichting 11 bestaat uit een magnetische lens en een elektrostatische lens.

De magnetische lens bestaat uit twee magnetische poolschoenen 4 en 5 waartussen permanent magnetisch materiaal 6 gelegen is, waarbij de poolschoenen rond de as gescheiden zijn door een spleet 13.

De elektrostatische lens bestaat uit twee in elkaars verlengde liggende buisvormige elektrodes 2 en 3 rond de optische as 10, waarbij elektrode 3 op aardpotentiaal staat en elektrode 2 met een voedingsbron 12 verbonden is.

Een met een elektrische stroom te bekrachtigen spoel 7 is gelegen in de spleet 13 tussen de magnetische poolschoenen 4 en 5.

Tussen de elektrodes 2 en 3 is een spanningsverschil aangebracht door middel van de spanningsbron 12. Dit spanningsverschil veroorzaakt tussen de elektrodes 2 en 3 een focuserend elektrisch veld. Door dit focuserend elektrisch veld wordt de bundel 1 versneld tot een bepaalde energie, verder te noemen landingsenergie, waarmee de bundel 1 het preparaat 8 treft.

De magnetische poolschoenen 4 en 5 geleiden een door permanent magnetische materiaal 6 voortgebrachte magnetische flux via de spleet 13 naar het gebied rond de optische as 10 waar deze een focuserend magnetisch veld in de omgeving van de optische as 10 veroorzaakt. Daartoe heeft het permanent magnetische materiaal 6 bij gebruik van de in de figuur weergegeven poolschoenen 4 en 5 een magnetische richting evenwijdig aan de optische as 10. De poolschoenen 4 en 5 zijn zo gedimensioneerd dat het strooiveld veroorzaakt door de spleet aan de buitenzijde van de focusseerinrichting

geen noemenswaardig magnetisch veld op of in de nabijheid van de optische as 10 veroorzaakt.

Het door spoel 7 voortgebrachte additionele magnetische veld zal desgewenst het reeds op de optische as 10 aanwezige focuserend magnetische veld lichtelijk veranderen.

- 5 Het door de elektrostatische lens veroorzaakte focuserende elektrische veld E op de optische as 10 is in figuur 1b grafisch weergegeven door curve 20. Het door de magnetische lens veroorzaakte focuserend magnetische veld B op de optische as is in figuur 1b grafisch weergegeven door curve 21. De energie U van de elektronen in de bundel 1 op de optische as 10 is in figuur 1b grafisch weergegeven door curve 22.

- 10 In deze configuratie zijn het focuserend elektrische veld 20 en het focuserend magnetische veld 21 deels onderling overlappend. In het gebied 23 aan de preparatzijde van het focuserend magnetische veld 21 is geen elektrisch veld aanwezig.

De focuserende werking van het focuserend magnetische veld 21 wordt mede bepaald

- 15 door de energie 22 waarmee de elektronen in de bundel 1 het focuserend magnetische veld 21 doorlopen. Wanneer de elektronen in de bundel 1 ter plaatse van het focuserend magnetische veld 21 een hoge energie hebben zal de focuserende werking minder zijn dan wanneer de elektronen in de bundel 1 daar ter plaatse een lage energie hebben.

- 20 Doordat de energie van de bundel 1 in het focuserend magnetische veld 21 beïnvloed wordt door de positie en geometrie van het focuserend elektrische veld 20, is door de keuze van de plaats en geometrie van het focuserend elektrische veld 20 t.o.v. het focuserend magnetische veld 21 bereikt dat veranderingen van magnetische en elektrostatische lenssterkte elkaar kunnen compenseren. Zoals door de uitvinding beoogd kan de focuspositie 9 daardoor onafhankelijk zijn van de landingsenergie.

25 Spoel 7 kan een magnetisch veld voortbrengen dat het reeds op de optische as 10 aanwezige focuserend magnetische veld 21 in geringe mate kan veranderen teneinde de focuspositie 9 aan te passen aan geringe hoogtevariatie van het preparaat 8 zodat deze geringe hoogtevariaties met de gefocusseerde bundel 1 gevolgd kunnen worden. Het

instelgebied van de focuspositie 9 is een geringe fractie van de afstand tussen
poolschoen 5 en de focuspositie 9. Het door de elektrische spoel 7 veroorzaakte
magnetische veld is daarom een geringe fractie van het door het permanent magnetische
materiaal 6 voortgebrachte focuserend magnetische veld 21. De voor het instelbereik
5 benodigde stroom in de elektrische spoel 7 zal daardoor slechts een fractie zijn van de
stroom die nodig zou zijn indien het permanent magnetische materiaal 6 niet aanwezig
zou zijn. Het met het gebruik van een lensspoel samenhangende warmtedissipatie-
probleem is daardoor vrijwel niet aanwezig.

Figuur 2 toont een apparaat dat vrijwel identiek is aan het apparaat volgens
10 Figuur 1a met als verschil dat in Figuur 2 elektrode 3 weggelaten is en dat de functie
van deze elektrode 3 is overgenomen door poolschoen 5 die nu elektrisch geaard is.
Daardoor fungeert de magnetische poolschoen 5 tevens als elektrode van de
elektrostatische lens en wordt het focuserende elektrische veld gevormd door het
spanningsverschil tussen elektrode 2 en poolschoen 5. Daartoe is de magnetische
15 poolschoen 5 van elektrisch geleidend materiaal gemaakt en met aardpotentiala
verbonden. Op basis van deze uitvoeringsvorm uitgevoerde simulaties wezen uit dat
hierbij een geometrie gevonden kan worden waarbij, zoals door de uitvinding beoogd,
focuspositie 9 inderdaad onafhankelijk kan zijn van de landingsenergie.

Conclusies

1 Deeltjes-optisch apparaat voorzien van een focusseerinrichting (11) met een optische as (10) voor het focuseren van een bundel (1) van elektrisch geladen deeltjes op een focuspositie (9), welke focusseerinrichting (11) omvat:

- 5
- een magnetische lens voor het voortbrengen van een focusserend magnetisch veld (21) met behulp van magnetische poolschoenen (4,5);
 - een elektrostatische lens voor het voortbrengen van een focusserend elektrisch veld (20), waarin de bundel (1) een energieverandering ondergaat;

10 waarbij het focusserend elektrische veld (20) geplaatst is stroomopwaarts ten opzichte van een gebied (23) gelegen tussen het focusserend magnetische veld (21) en de focuspositie (9),

daardoor gekenmerkt dat

- de magnetische lens voorzien is van permanent magnetisch materiaal (6) voor het opwekken van het voor de lenswerking benodigde focusserend magnetische veld (21), en
 - de genoemde energieverandering de vorm heeft van een energietoename.
- 15

2 Deeltjes-optisch apparaat volgens conclusie 1 waarbij rond de optische as (10) een gebied aanwezig is in welk gebied zowel het focusserend magnetisch veld (21) als het focusserend elektrische veld (20) aanwezig is.

20 3 Deeltjes-optisch apparaat volgens één der voorgaande conclusies waarbij de aan de preparatzijde gelegen poolschoen (5) van de magnetische lens van elektrisch geleidend materiaal is gemaakt en tevens fungeert als elektrode van de elektrostatische lens.

4 Deeltjes-optisch apparaat volgens één der voorgaande conclusies voorzien van instelmiddelen voor het instelbaar maken van de tijdens het maken van een afbeelding door het apparaat constant te houden focuspositie (9).

25

10 23260

1/2

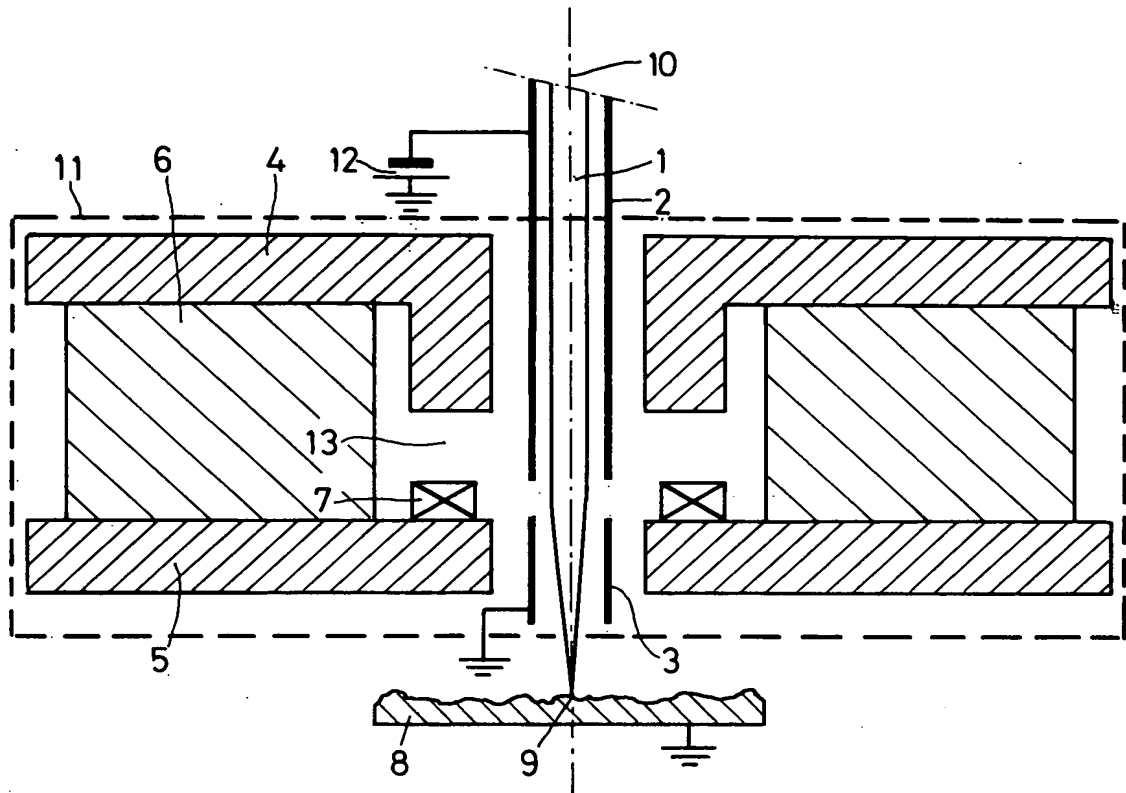


FIG. 1a

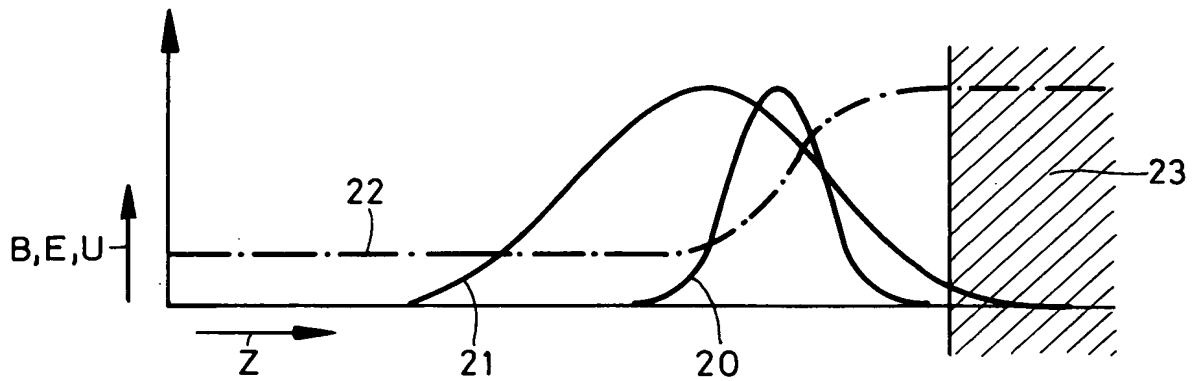


FIG. 1b

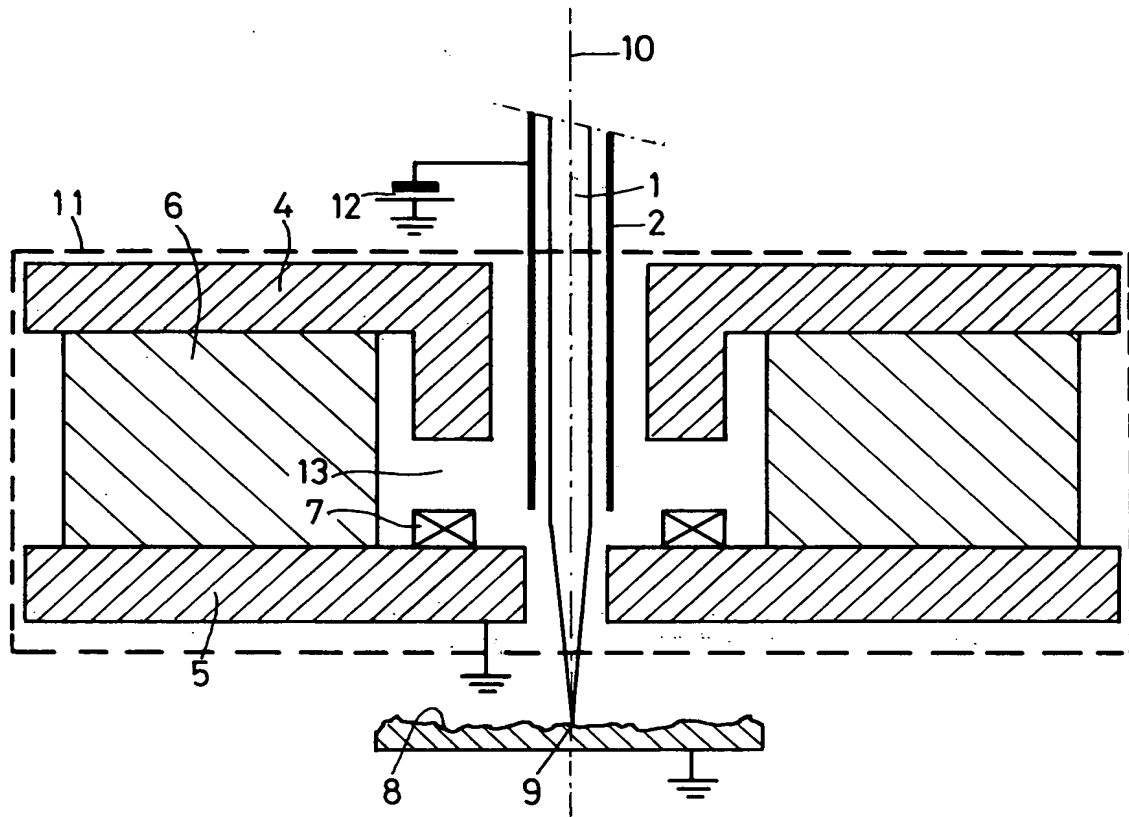


FIG. 2